

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Patentschrift**  
(10) **DE 43 00 896 C 1**

(51) Int. Cl. 5:  
**G 01 N 33/42**

G 01 N 21/55  
E 01 C 23/01  
G 01 J 4/00  
B 60 R 16/02  
G 01 W 1/02  
// G08B 19/02

(21) Aktenzeichen: P 43 00 896.8-52  
(22) Anmeldetag: 15. 1. 93  
(43) Offenlegungstag: —  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21. 4. 94

**DE 43 00 896 C 1**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Oldenettel, Holger, Dipl.-Ing., 3000 Hannover, DE;  
Schröder, Gerald, Dipl.-Phys., 3000 Hannover, DE

(74) Vertreter:

Rücker, W., Dipl.-Chem.; Minderop, R., Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 30655 Hannover

(72) Erfinder:

gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 40 08 280 A1  
DE 38 41 333 A1  
DE 38 29 008 A1  
DE 37 28 210 A1  
DE 32 05 129 A1

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung des Fahrbahnoberflächenzustandes

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung des Fahrbahnoberflächenzustandes, insbesondere zum Einbau in Kraftfahrzeuge. Bekannte Verfahren nutzen Absorptions- bzw. Reflexionseigenschaften von Flüssigkeitsfilmen auf der Fahrbahn. Hierzu ist das Spektrum breitbandig emittierender Strahlungsquellen zu beobachten. Dazu werden spektralselektierende Einrichtungen wie zum Beispiel schmalbandige optische Filter verwendet. Teilweise werden mechanische Einrichtungen zur Modulation der von der Strahlungsquelle emittierten Strahlung vorgesehen. Für den Einsatz insbesondere in Kraftfahrzeugen werden diese Vorrichtungen als zu aufwendig und nicht ausreichend störungssicher angesehen. Es war daher ein robustes und zuverlässiges Verfahren bzw. eine Vorrichtung anzugeben. Erfindungsgemäß werden schmalbandige Strahlungsquellen eingesetzt. Die Strahlungsquelle ist mit ihrer optischen Achse so angeordnet, daß das emittierte Licht unter dem Polarisationswinkel auf die Fahrbahn fällt. Das reflektierte Licht wird in Polarisationsrichtungen parallel und senkrecht zur Fahrbahn zerlegt und detektiert. Aus den in den Detektoren erzeugten Spannungswerten wird ein Quotient gebildet, aus dem nach Kalibrierung zuverlässig zwischen trockener und nasser Fahrbahn unterschieden werden kann.

**DE 43 00 896 C 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung des Fahrbahnoberflächenzustandes, insbesondere zur automatischen berührungslosen Unterscheidung zwischen trockener und nasser Fahrbahn.

Ein bekanntes Verfahren nach DE 40 08 280 A1 verwendet eine breitbandige Strahlungsquelle wie zum Beispiel eine Halogenlampe. Die von der Fahrbahn reflektierte Strahlung wird gemessen. Hierbei wird die Abhängigkeit des Reflektionsgrades von Wasser bzw. Eis von der Wellenlänge genutzt. Daher muß zur Auswertung eine schmalbandige Filterung vorgenommen werden. Dies setzt hochwertige optische Filter voraus. Von dem ausgesendeten Spektrum wird nur ein kleiner Teil genutzt. Für die Modulation der Strahlungsquelle wird ein mechanischer Modulator vorgeschlagen.

Nachteilig bei dieser Lösung ist, daß mehrere hochwertige und entsprechend teure optische Filter eingesetzt werden müssen. Außerdem ist die Verwendung einer mechanischen Modulationseinrichtung unter den Einsatzbedingungen an einem Kraftfahrzeug nicht ausreichend störungssicher.

Aus der DE 32 05 129 A1 ist eine Vorrichtung zum Erkennen von Eis- und/oder Reibbildung bekannt, die eine Lichtquelle zum Bestrahlen der Beobachtungsstelle und eine Lichtempfangseinrichtung mit einem Detektor enthält, der auf eine signifikante Änderung der pro Zeit-einheit empfangenen Menge des von der Lichtquelle stammenden Lichts anspricht. In dem von dieser Vorrichtung betriebenen Verfahren wird nur die Leistung in einer Polarisationsrichtung ermittelt und dieser Wert mit einem Schwellenwert verglichen. Das setzt voraus, daß sich das Reflexionsverhalten der trockenen bzw. eisfreien Oberfläche nicht wesentlich ändert, da sich ansonsten die Leistung der reflektierten Strahlung ebenfalls verändert und damit eine Fehlfunktion des Gerätes bewirkt. Für den Einsatz in einem Fahrzeug ist diese Vorrichtung nicht geeignet, da zu berücksichtigen ist, daß sich die üblichen Fahrbahnbelege im Reflexionsverhalten stark unterscheiden.

In der DE 38 29 008 A1 wird ein Verfahren zur Messung des Tausalzgehalts von auf Verkehrsflächen befindlichen Wasserschichten beschrieben, wobei zur Ermittlung des Tausalzgehalts die Intensität und/oder die Phasenlage der reflektierten Mikrowellenstrahlung ausgewertet wird. Die Polarisationsrichtung des reflektierten Lichts wird in dieser Entgegenhaltung zur Erzielung eines einfachen Zusammenhangs zwischen dem Tausalz und der Phasenverschiebung verwendet. Nachteilig ist dieses Funktionsprinzip, weil eine Auswertung der Phasenlage in einem fahrenden Kraftfahrzeug mit Mikrowellentechnik aus Kostengründen nicht realisierbar ist.

Aufgabe der Erfindung war es daher, ein robustes Verfahren und eine robuste Vorrichtung zur automatischen und berührungslosen Ermittlung des Fahrbahnoberflächenzustandes anzugeben, bei der auf hochwertige Filter und mechanische Einrichtungen weitgehend verzichtet wird, so daß er Einsatz als Sicherheitssystem an einem Kraftfahrzeug möglich wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 4. Die Ansprüche 2 und 3 geben weiterführende Gestaltungen des Verfahrens, die Ansprüche 5 bis 8 der Vorrichtung an.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, die von der Fahrbahn reflektierte IR-Strahlung zu messen und

auszuwerten. Hierbei wird die Fahrbahn mit einer schmalbandig emittierenden IR-Strahlungsquelle beleuchtet. Die Strahlungsquelle und der dazugehörige Empfänger sind mit ihren optischen Achsen so angeordnet, daß sie jeweils mit der Senkrechten zur Fahrbahnoberfläche einen Winkel bilden unter dem das reflektierte Licht im wesentlichen linear polarisiert ist. Dieser Winkel wird als Polarisationswinkel oder auch Brewster-Winkel bezeichnet. Unter diesem Einstrahlungswinkel — für Wasser beträgt er unter Normalbedingungen etwa 53° — ist das reflektierte Licht vollständig polarisiert. In der Praxis aufgrund der sich durch Schwingungen des Kraftfahrzeugs ändernden Einstrahlungsrichtung ist der Polarisationswinkel wenigstens zeitweise eingehalten. Die reflektierte Strahlung wird in seine unter praktischen Einsatzbedingungen entstehenden Polarisationskomponenten senkrecht und parallel zur Fahrbahnoberfläche zerlegt. Jeweils eine der Polarisationskomponenten fällt auf einen Detektor, in dem die Lichtintensität gemessen wird.

Bei der Messung bzw. bei deren Auswertung wird das Verhältnis der zu den Polarisationskomponenten gehörigen Leistungen, wie sie von den Detektoren bestimmt wurden, ermittelt.

In einer besonderen Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Intensität der von der IR-Strahlungsquelle emittierten Strahlung elektronisch moduliert.

In einer weiteren speziellen Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Meßwerte der Detektoren mit einem auf die Modulationsfrequenz der Strahlungsquelle angepaßten Filter elektronisch gefiltert.

Insbesondere wird die reflektierte Strahlung vor der Aufteilung in die Polarisationskomponenten auf die Detektoren mittels einer Linse fokussiert und es erfolgt zur Abtrennung von Streulicht eine Filterung.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Ermittlung des Fahrbahnoberflächenzustandes ist mit einer IR-Strahlungsquelle und einem Empfänger ausgerüstet, der Filter und Detektoren aufweist. Außerdem ist eine Auswerteeinheit zur Verarbeitung der von den Detektoren erzeugten Meßsignale (Spannungen) angeordnet.

Die IR-Strahlungsquelle ist schmalbandig in einem Frequenzbereich emittierend ausgebildet. Die optischen Achsen vom Beleuchtungsstrahlengang der IR-Strahlungsquelle und von dem Empfänger sind symmetrisch in einem Winkel zur Senkrechten auf der Fahrbahnoberfläche angeordnet, der dem Brewster-Winkel, der auf der Fahrbahn zu detektierenden Flüssigkeit entspricht. Im Empfänger ist ein polarisierender Strahlteiler angeordnet, und es sind Detektoren zur Messung der Intensitäten der Strahlung in den parallel und senkrecht zur Fahrbahnebene polarisierten Teilstrahlen vorgesehen. Der Strahlteiler kann ein beliebiges die Polarisationskomponenten trennendes Element sein, wie ein normaler Strahlteiler mit Polarisationsfolien oder auch zwei Polarisationsfolien vor zwei Detektoren. Bevorzugt wird ein polarisierender Strahlteiler.

In einer besonders bevorzugten Vorrichtung ist an der IR-Strahlungsquelle ein elektronischer Modulator zur Modulation der Strahlungsintensität angeordnet und der Empfänger weist mit den Detektoren verbundene elektronische Filter auf, die auf die Modulationsfrequenz des Modulators abgestimmt sind.

Bevorzugt ist die IR-Strahlungsquelle aus mehreren Leuchtdioden mit in wesentlichen gleicher Emissionsfrequenz aufgebaut, die auf einer hohlspiegelartig ge-

krümmten Fläche angeordnet sind.

In einer besonderen Ausführung ist dem Empfänger eine Linse zur Fokussierung des reflektierten Strahls auf die Detektoren zugeordnet. Zur Ausblendung von Streulicht kann ein schmalbandiges auf die Emissionsfrequenz der Strahlungsquelle abgestimmtes Filter zwischen Strahleiter und Linse angeordnet sein.

Insbesondere weist die Strahlungsquelle zur Vermeidung von Verschmutzung ein Fenster in einem die Strahlungsquelle umgebenden Gehäuse auf und der Empfänger ist ebenfalls mit einem Fenster in einem Gehäuse oder mit einem daran angeordneten Schutzrohr versehen.

Vorteilhafterweise kann die Erfindung überall dort eingesetzt werden, wo das Vorhandensein eines Mediums mit einer bekannten Brechzahl (hier Wasser auf der Fahrbahn) detektiert werden soll.

Verfahren und Vorrichtung nach der Erfindung werden anhand eines Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 und Fig. 2 weiter erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 und 2 schematische Darstellungen von Verfahren und Vorrichtung der Erfindung.

Bei der Ausführung nach Fig. 2 ist der Empfänger 2 mit einem Schutzrohr 22 zur Vermeidung von Verschmutzungen versehen. Im übrigen entspricht die Ausführung nach Fig. 2 der Ausführung nach Fig. 1.

Anhand von Fig. 1 wird ein Aufbau dargestellt, der den Polarisationsgrad des reflektierten Lichtes zu bestimmen erlaubt. Unter Polarisationsgrad soll hier das Verhältnis der zu den Polarisationsrichtungen gehörigen Leistungen verstanden werden. Aus dem Polarisationsgrad wird hier der Fahrbahnzustand (naß oder trocken) erkannt.

In Fig. 1 ist ein Sender 1 dargestellt, der über IR-Strahlungsquellen 3 (Infrarotstrahlungsquellen) verfügt, die auf einer Halterung 4 angebracht sind. Die Halterung 4 ist zur Fokussierung hohlspiegelartig gekrümmt. Die IR-Strahlungsquellen 3 sind durch eine Übertragungsleitung 7 mit einem elektronischen Modulator 6 verbunden. Mittels des Modulators 6 wird die Intensität der Infrarotstrahlungsquellen 3 mit vorgegebener Frequenz moduliert. Zur Vermeidung von Verschmutzungen ist der Sender 1 mit einem Fenster 5 vor den Strahlungsquellen versehen. Die Strahlungsquellen 3, deren Halterung 4 und das Fenster 5 sind im Sender 1 zu einer Baugruppe zusammengefaßt. Durch das Fenster 5 trifft der Lichtstrahl auf die Fahrbahn 21, wobei zwischen der Senkrechten auf die Fahrbahn (Einfallsslot) und dem Lichtstrahl ein Winkel 20 eingehalten wird. Dieser Winkel 20 wird so eingestellt, daß er dem Polarisationswinkel der zu detektierenden Flüssigkeit entspricht. Bei Wasser sind es etwa 53°. Der Einfallsinkel 20 des Lichtstrahles wird durch den Brewster-Winkel festgelegt, bei dem eine maximale Polarisation des reflektierten Lichtes auf nasser Fahrbahn erfolgt. Von dort wird der Lichtstrahl reflektiert und fällt durch das Fenster 10 des Empfängers 2. Im Empfänger 2 wird die IR-Strahlung durch eine Linse 9 über einen Filter 8 auf einen polarisierenden Strahleiterwürfel 11 und die Detektoren 12 und 13 fokussiert. Das Filter 8 ist zum Beispiel ein Langpaß-Kantenfilter oder ein Interferenzfilter, welches die auf die Detektoren 12 und 13 fallende Strahlung spektral begrenzt. Die Detektoren 12 und 13 wandeln die Lichtintensität in elektrische Spannungen um, die über zwei Signalleitungen 18, 19 zur Signalauswerteeinheit 16 übertragen werden. In der Signalauswerteeinheit 16 wird der Quotient der von den Detektoren gemesse-

nen Spannungen gebildet. Um das Meßsignal vor Störspannungen zum Beispiel Fremdlichteinfall zu trennen, können auf die Modulationsfrequenz des Modulators 6 abgestimmte elektronische Filter 14, 15 zwischen den Detektoren 12, 13 und der Signalauswerteeinheit 16 geschaltet sein. Bei einer Kalibrierung des erfundsgemäßigen Aufbaus mit nasser bzw. trockener Fahrbahn können diese Fahrbahnzustände eindeutig bestimmten Werten des in der Signalauswerteeinheit 16 ermittelten Quotienten der Detektorspannungen zugeordnet werden. An eine Ausgabeeinheit 17 kann dann aufgrund der Kalibrierung und der gemessenen Quotienten ein elektronisches oder optisches Signal erzeugt werden, das den Fahrbahnzustand naß oder trocken anzeigt. Der ermittelte Quotient oder ein hieraus abgeleitetes logisches Signal kann auch für andere Geräte zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung gestellt werden. Die Quotientenbildung der von den Detektoren gemessenen Spannung erlaubt insbesondere einen Einfluß von Schwankungen der Lichtleistung der IR-Strahlungsquelle 3 sowie von unterschiedlich stark reflektierenden Fahrbahnbelägen auszuschalten.

Bei einer besonderen Ausführung der erfundsgemäßigen Vorrichtung wurden IR-Leuchtdioden mit einer Wellenlänge von 875 nm verwendet. Die Modulationsfrequenz des Modulators 6 betrug 480 Hz. Bei trockener Fahrbahn wurden bei unterschiedlichen Fahrbahnbelägen Quotienten der von den Detektoren gemessenen Spannungen ermittelt, die kleiner als 2 waren, während bei nassen Fahrbahnen Quotienten von mehr als 2,5 ermittelt wurden.

Das Verfahren hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß es durch den Einsatz von optischen Standardbauteilen und durch den Verzicht auf bewegliche Bauteile robust und preiswert ausgeführt werden kann, so daß es für den Einsatz in Kraftfahrzeugen geeignet ist. Dies wird erreicht durch die Verwendung von spektral schmalbandigen IR-Strahlungsquellen mit einer Wellenlänge, die dicht am sichtbaren Bereich liegt sowie deren elektronische Modulation. Diese Strahlungsquellen können nur deshalb verwandt werden, weil erfundsgemäß die Erkennung des Fahrbahnzustandes über die Messung von Polarisationsrichtungen in der reflektierten Strahlung erfolgt und nicht über die bekannten Absorptions- und Reflektionstechniken, die deutlich schärfere Anforderungen an die verwendete Strahlungsquelle sowie an den Empfängerstrahlengang stellen.

#### 50 Bezugssachenliste

- 1 Sender
- 2 Empfänger
- 3 IR-Strahlungsquellen (Infrarotstrahlungsquellen)
- 4 Halterung
- 5 Fenster
- 6 Modulator
- 7 Übertragungsleitung
- 8 Filter
- 9 Linse
- 10 Fenster
- 11 polarisierender Strahleiterwürfel
- 12 Detektor
- 13 Detektor
- 14 Bandpaßfilter
- 15 Bandpaßfilter
- 16 Signalauswerteeinheit
- 17 Ausgabeeinheit

- 18 Signalleitung  
 19 Signalleitung  
 20 Einfallsinkel  
 21 Fahrbahnoberfläche  
 22 Schutzrohr

5

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des Fahrbahnoberflächenzustandes, bei dem IR-Strahlung von der Fahrbahn reflektiert aufgefangen und ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrbahn mit einer schmalbandig emittierenden Strahlungsquelle (3) beleuchtet wird, daß die Beleuchtung unter einem Winkel (20) erfolgt, der dem Brewster-Winkel entspricht und daß an der reflektierten Strahlung ihre Polarisationskomponenten getrennt (11) und gemessen (12, 13) werden und das Verhältnis (16) der zu den Polarisationsrichtungen gehörigen Leistungen ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität der von der IR-Strahlungsquelle emittierten Strahlung moduliert (6) wird und daß die Meßwerte der zu den Polarisationsrichtungen gehörigen Leistungen angepaßt an die Intensitätsmodulation elektronisch gefiltert (14, 15) werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierte Strahlung vor der Aufteilung in Polarisationskomponenten auf die Detektoren fokussiert (9) und gefiltert (8) wird.
4. Vorrichtung zur Ermittlung des Fahrbahnoberflächenzustandes mit einer IR-Strahlungsquelle, einem Empfänger, der Filter und Detektoren aufweist und mit einer Auswerteeinheit versehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle schmalbandig in einem Frequenzbereich emittierend (3) ausgebildet ist, daß zwischen Strahlachse und der Senkrechten zur Fahrbahnoberfläche ein Winkel (20) eingestellt ist, der dem Brewster-Winkel entspricht und daß im Empfänger (2) ein Strahlteiler (11) und Detektoren (12, 13) für parallel und senkrecht zur Fahrbahnoberfläche polarisierte Strahlung angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß an der IR-Strahlungsquelle (3) ein Modulator (6) für die Intensität und insbesondere im Empfänger nach den Detektoren (12, 13) elektronische, auf den Modulator abgestimmte Filter (14, 15), angeordnet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Strahlungsquelle (3) mehrere Leuchtdioden enthält, die auf einer gekrümmten Fläche (4) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß im Empfänger (2) eine Linse (9) zur Fokusierung der reflektierten Strahlung auf die Detektoren (12, 13) sowie ein schmalbandiges optisches Filter (8) zur Abtrennung von Störstrahlung angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Strahlungsquelle (3) und Empfänger (2) Fenster (5, 10) bzw. ein Schutzrohr (22) zur Vermeidung von Verschmutzungen aufweisen.

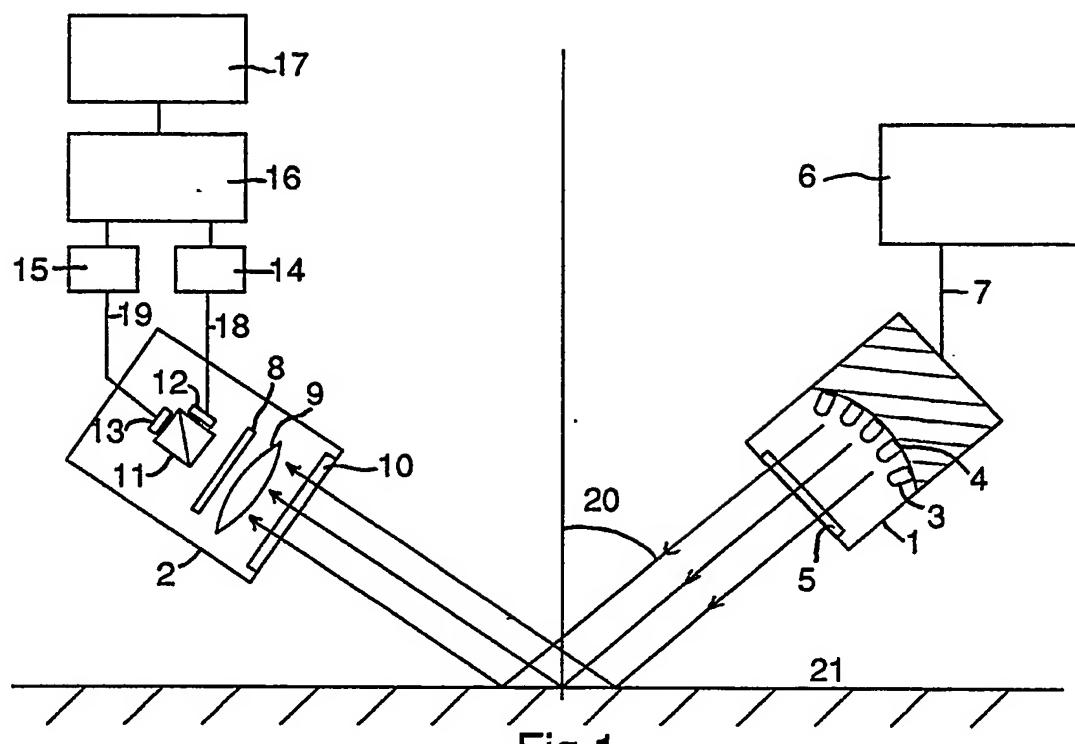


Fig. 1

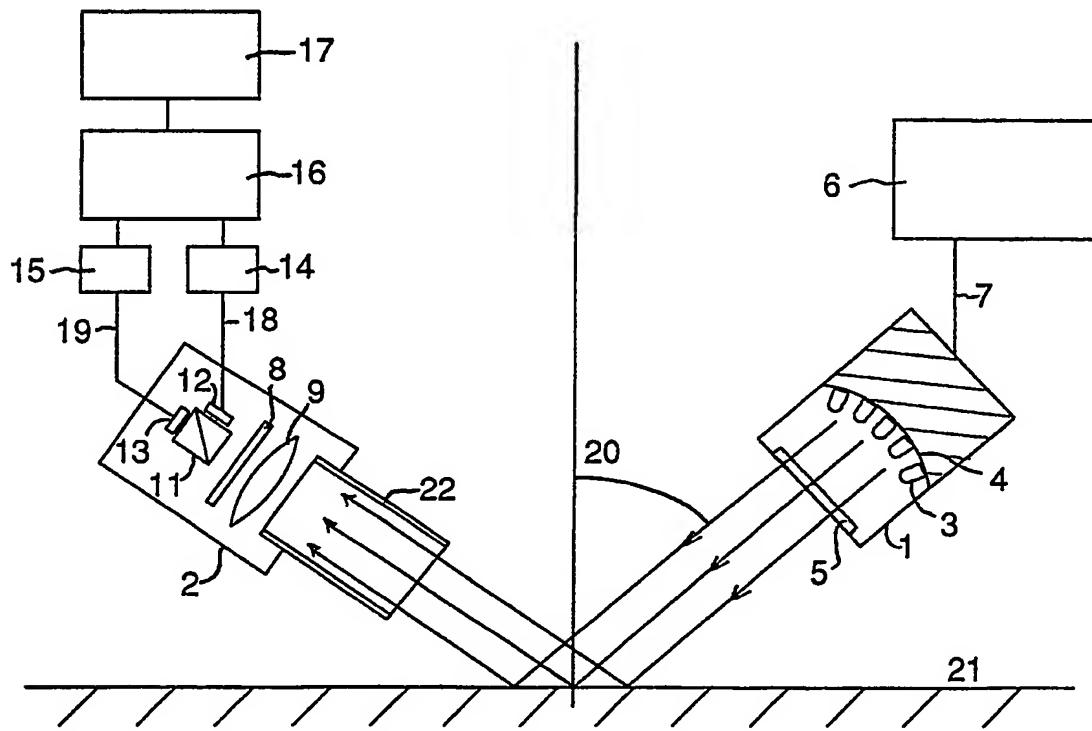


Fig. 2